

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-226378

(43)Date of publication of application : 22.08.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/205

G23C 16/50

H01L 21/28

H01L 21/31

(21)Application number : 06-016562

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 10.02.1994

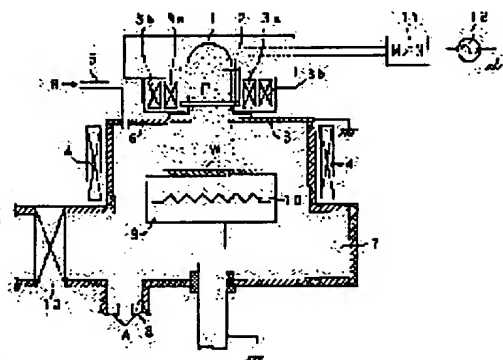
(72)Inventor : KADOMURA SHINGO

(54) FILM FORMING METHOD AND PLASMA DEVICE USING FOR THIS METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a ground metal film uniform in thickness to be formed on the inner wall of a fine contact hole by a method wherein a plasma CVD is carried out under conditions that a weak magnetic field or substantially a non-magnetic field is present around the substrate when a film is formed.

CONSTITUTION: A helicon wave plasma generating section is equipped with a bell jar 1 which is formed of non-conductive material so as to generate a helicon wave plasma PH inside it and two loops which turn around the bell jar 1, wherein a loop antenna 2 which couples an RF power to plasma is provided to the bell jar 1. An inner circumferential solenoid coil 3a which generates a magnetic field along the axial direction of the bell jar 1 and is primarily conducive to the propagation of helicon waves and an outer circumferential solenoid coil 3b which generates a magnetic field along the axial direction of the bell jar 1 and is primarily conducive to the conveyance of a helicon wave plasma plasma PH are provided. By this setup, it requires no external magnetic field or only a weak external magnetic field to excite plasma.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.01.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

【特許請求の範囲】

【請求項1】 高真空容器内でプラズマCVDを行うことにより基板上に所定の材料膜を成膜する成膜方法において、

成膜時の前記基板近傍を弱磁場ないし実質的な無磁場とする条件下で前記プラズマCVDを行う成膜方法。

【請求項2】 前記プラズマCVDはヘリコン波プラズマを用いて行う請求項1記載の成膜方法。

【請求項3】 前記プラズマCVDは誘導結合プラズマを用いて行う請求項1記載の成膜方法。

【請求項4】 前記所定の材料膜はチタン系材料膜である請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の成膜方法。

【請求項5】 基板を収容する高真空容器と、前記高真空容器の少なくとも内壁面の一部を構成する非導電性部材の外側に配設される高周波アンテナと、前記高周波アンテナへの高周波印加手段とを有し、前記高真空容器内でプラズマCVDを行うことにより基板上に所定の材料膜を成膜するようになされたプラズマ装置において、前記非導電性部材が非酸素含有セラミクスで構成されるプラズマ装置。

【請求項6】 前記非導電性部材は、前記高周波アンテナと磁界生成手段とに周回されるヘリコン波プラズマ生成チャンバを構成する請求項5記載のプラズマ装置。

【請求項7】 前記非導電性部材は、前記高真空容器の軸方向の一部を構成することにより該高真空容器内に誘導結合プラズマを生成させるようになされた請求項5記載のプラズマ装置。

【請求項8】 前記非酸素含有セラミクスは窒化シリコンである請求項5ないし請求項7のいずれか1項に記載のプラズマ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造等に適用される成膜方法およびこれに用いるプラズマ装置に関し、特に、上層配線の下地金属膜として用いられるチタン(Ti)系材料膜をヘリコン波プラズマや誘導結合プラズマ等のいわゆる高密度プラズマを用いて均一に成膜し、信頼性の高い配線形成を可能とする方法および装置に関する。

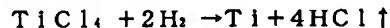
【0002】

【従来の技術】 近年のVLSI、ULSIの微細な接続孔(コンタクトホール、ビアホール等)を埋め込む導電材料としては、Al(アルミニウム)やW(タングステン)等の金属材料が広く用いられている。また、これらの埋め込み金属によるコンタクトの信頼性を高めるため、埋め込み前に接続孔の内壁面をIVa族元素からなる下地金属膜で被覆することが一般に行われている。この下地金属膜は、下層配線に対するバリアメタル、Si

O₂層間絶縁膜に対する密着層、あるいはこれら両方の機能を期待して設けられるものである。その典型的な構成としては、下層側にTi(チタン)膜、その上層側TiN(窒化チタン)膜を積層したTi/TiN積層膜が知られている。

【0003】 これらTi膜とTiN膜は、一般にスパッタリング法により成膜されている。なお、後者のTiN膜のスパッタ成膜過程は、Tiターゲットを含窒素雰囲気中でスパッタすることから、特に反応性スパッタリングと呼ばれている。しかし、スパッタリング法では、近年のアスペクト比の高い接続孔を十分なステップ・カバレッジ(段差被覆性)をもって被覆することが難しくなりつつある。これは、ターゲットから叩き出された成膜材料粒子がある程度の方向性をもって基板に入射するため、接続孔の開口端によるシャドウイング効果が生じ、飛来する粒子が接続孔の奥深くまで入り込めなくなっているためである。

【0004】 かかる背景から近年、接続孔内における表面化学反応にもとづいてカバレッジ良くバリアメタルの成膜を行うことが可能なCVD法が注目されている。ここで、TiN膜のCVD成膜については、たとえばTiCl₄のメチルヒドラジン還元にもとづく熱CVD法をはじめ、様々な手法が知られている。しかし、Ti膜のCVD成膜を可能とする方法は、これまでに知られるところではTiCl₄のH₂還元にもとづくECR-CVD法のみである。Ti膜が通常の熱CVD法で成膜できないのは、この反応系



における生成GibbsエネルギーΔGが、通常の半導体プロセスが適用される100～1000℃の温度範囲内で209kJ/mol(ΔG>0)と高いからである。

【0005】 したがって、Ti/TiN積層膜の連続成膜を可能とする方法は、ECR-CVD法が現状で知られる唯一の方法である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、ECR-CVD法によるTi/TiN積層膜の成膜にも、接続孔の開口径が0.25μm以下に縮小されるに伴って、幾つかの問題点が生じてきた。主な問題点は、接続孔内におけるTi/TiN積層膜のカバレッジの非対称性、および未反応分あるいは未解離分のTiCl₄のTi/TiN積層膜中への取り込みである。

【0007】 まず、上記カバレッジの非対称性の問題を、図2および図6を参照しながら説明する。図2は、下層配線21上に積層されたSiO₂層間絶縁膜22に接続孔23が開孔されたウェハを示している。ここで、左側の図はウェハの左端近傍を、右側の図はウェハの右端近傍をそれぞれ模式的に表している。

【0008】 このウェハについて上述のECR-CVD

3

を行うと、図6に示されるように、成膜されるT1膜24およびT1N膜25の厚さが各接続孔23内で左右非対称となり、均一な膜厚のT1/T1N積層膜26を成膜することができない。通常は、プラズマ中の化学種の入射が多いウェハのエッジ寄りの側壁面においてT1/T1N積層膜26が厚く、入射が少ない中央寄りの側壁面において薄く成膜される。極端な場合には、中央寄りの側壁面にT1膜24またはT1N膜25のほとんど成膜されない領域が生ずることもある。

【0009】この現象の主な原因は、ウェハ面近傍における磁場の不均一性にある。すなわち、ECR-CVD法では電子サイクロトロン共鳴条件 $\omega = \omega_c = eB/m$ （ただし、 ω はマイクロ波（2.45GHz）電界の角周波数、 ω_c は円運動を行う電子の角周波数、 e は電子の電荷、 m は電子の質量、 B は磁束密度をそれぞれ表す。）を満足するために、 $8.75 \times 10^{-2} \text{ T}$ （875G）もの強磁場を用いている。このため、発散磁界方式のECRプラズマ装置でも、ウェハ面近傍の磁場強度は $1 \times 10^{-2} \text{ T}$ （100G）程度とかなり高く、ベルジャ型のプラズマ生成室を用いるタイプの装置では一層高い。しかし、近年多用されている直径8インチもの大口径ウェハの近傍では、その全面にわたって磁場を均一化することは難しい。しかも、強磁場下では電子とイオンの磁場に対する捕獲率が異なるため、基板に蓄積された電荷もイオンの入射方向に影響を及ぼす。

【0010】上述のような接続孔23内部で生じたT1/T1N積層膜26のカバレッジの非対称性は、後工程においてたとえば図示されないB1k-W（ブランケット・タングステン）膜で該接続孔23を埋め込む場合の埋込み特性を劣化させ、Wプラグにポイドを生じさせる原因となる。また、T1/T1N積層膜26の薄い部分において下層配線21に対する十分なバリア性が発揮されなかったり、あるいはSiO₂層間絶縁膜22に対する密着性が低下してB1k-W膜が剥離することもある。さらに、T1膜24はコンタクトのオーミック性を確保する上でも不可欠の膜であるため、該T1膜24が十分な厚さに成膜されないと、コンタクト性能が大きく損われる虞れもある。

【0011】一方、T1C1₄の未反応分あるいは未解離分は、プラズマ装置の壁材やプラズマの放電解離効率に関連した問題であり、プラズマ装置の型式によらず、ある程度の発生は避けられない。しかし、T1C1₄の未反応分が大量にT1/T1N積層膜26中に吸蔵されると、後に種々の熱処理工程を経る過程で熱分解により塩素が放出され、この塩素が下層配線であるS1基板中の不純物拡散領域やA1系配線膜を浸蝕してコンタクト特性を損なう虞れがある。また、放出された塩素がWプラグのポイドやシーム（接続孔23内の両壁面から成長したB1k-W結晶の当接面）に沿って拡散すると、該Wプラグの上に形成されたたとえばA1系配線膜を浸蝕

4

し、上層配線の信頼性を損なう虞れもある。したがって、放電解離効率を向上させ、T1C1₄の未反応分・未解離分の割合をできるだけ低いレベルに抑えることが望まれる。

【0012】そこで本発明は、上述の問題を解消し、微細な接続孔の内部にも均一な厚さの下地金属膜を成膜することが可能で、これにより信頼性の高い配線形成を行うことが可能な成膜方法およびこれに用いるプラズマ装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、上述の目的を達するために提案されるものである。すなわち、本発明にかかる成膜方法は、高真空容器内でプラズマCVDを行うことにより基板上に所定の材料膜を成膜するにあたり、成膜時の前記基板近傍を弱磁場ないし実質的な無磁場とする条件下で前記プラズマCVDを行うものである。

【0014】かかるプラズマCVDは、ヘリコン波プラズマあるいは誘導結合プラズマを用いることにより可能となる。ヘリコン波プラズマの生成機構は、非導電性部材からなる円筒状のヘリコン波プラズマ生成チャンバに磁場を印加し、さらにこのチャンバに巻回されるループ・アンテナに高周波印加手段により高周波を印加して該チャンバ内にヘリコン波を生成させ、このヘリコン波からランダウ減衰の過程を通じた電子へのエネルギー輸送によりこれを加速し、この加速された電子をガス分子に衝突させて高いイオン化率を得るというものである。ヘリコン波プラズマでは、おおよそ $10^{11} \sim 10^{13} / \text{cm}^3$ のイオン密度を達成することができるが、この場合に用いられる外部磁場は、ECRプラズマの生成で用いられるような強磁場ではない。

【0015】一方の誘導結合プラズマの生成機構は、高真空容器の少なくとも内壁面の一部を構成する非導電性部材の外側に配設される非共鳴アンテナに高周波印加手段から高周波を供給し、このアンテナの内側に形成される電磁界にしたがって電子を回転させることで、この電子とガス分子とを高い確率で衝突させるというものである。

【0016】ここで通常、非導電性部材を高真空容器の軸方向の一部をなすシリンダ形状とし、アンテナをこの周囲に巻回されるマルチターン・アンテナとした場合に生成するプラズマを、ICP（Inductively Coupled Plasma）と称している。また、非導電性部材を高真空容器の上蓋部分とし、アンテナをこの上側に設置される渦巻き状のアンテナとした場合に生成するプラズマを、TCP（Transformer Coupled Plasma）と称している。これらは共に $10^{11} \sim 10^{12} / \text{cm}^3$ のイオン密度を達成することができるが、外部磁場は用いていない。本発明ではこれらのいずれをも用いることができる。

【0017】本発明のプラズマCVDは、Ti系材料膜の成膜に用いて好適である。かかるTi系材料膜としては、Ti膜、TiN膜、TiON（酸化チタン）膜の各単層膜の他、Ti/TiN積層膜、Ti/TiON積層膜等の2層膜、あるいはTi/TiN/Ti積層膜、Ti/TiON/Ti積層膜等の3層膜、さらにあるいは上記単層膜の他の任意の組み合わせを挙げることができる。

【0018】ところで、本発明では上述の成膜方法による成膜を効果的に行うことが可能なプラズマ装置として、前記非導電性部材が非酸素含有セラミクスで構成された装置を用いる。この非導電性部材は、ヘリコン波プラズマ生成装置においてはベルジャ型のヘリコン波プラズマ生成チャンバであり、ICP装置においては高真空容器の軸方向の一部を構成するシリンダであり、TCP装置においては高真空容器の上蓋である。従来の一般的な装置では、これらヘリコン波プラズマ生成チャンバ、シリンダ、上蓋は石英を用いて構成されていた。

【0019】ここで、非酸素含有セラミクスとしては、高密度プラズマと接触しても酸素をスパッタ放出せず、パーティクル源とならず、成膜に寄与するプラズマ中の化学種を大量に消費することのないセラミクスを、適宜選択することができる。かかる観点から、窒化シリコンは極めて好適なセラミクスである。

【0020】

【作用】本発明の成膜方法では、ヘリコン波プラズマや誘導結合プラズマのごとく、プラズマ励起に外部磁場を必要としないか、あるいはECRプラズマに比べてはるかに低い外部磁場しか必要としない高密度プラズマを利用してCVDを行うので、基板近傍における磁場強度をECR-CVD法の場合に比べて大きく低減することができる。この結果、基板近傍における磁場の不均一性が実用上問題の無いレベルに抑えられ、これに起因するステップ・カバレッジの非対称性を解消することができる。

【0021】特に本発明方法を半導体装置の上層配線の下地膜として用いられるTi系材料膜の成膜に適用した場合には、該Ti系材料膜のカバレッジの改善を通じて上層配線による接続孔の埋込み特性、バリア性、密着性等の諸特性を改善することができる。また、上記ヘリコン波プラズマや誘導結合プラズマのプラズマ密度がECRプラズマのそれに比べて1~2桁高いことから、原料ガスとして通常用いられるTiCl₄の放電解離効率を改善し、未解離分の比率を低減させることができる。したがって、Ti系材料膜中へのTiCl₄の取り込みを抑制し、脱離塩素の拡散による配線の腐食を防止することができる。

【0022】また、本発明のプラズマ装置では、高真空容器の少なくとも内壁面の一部を構成し、高周波アンテナに周回される非導電性部材が非酸素含有セラミクスを

用いて構成されているので、該非導電性部材が高密度プラズマと接触しても、酸素がスパッタ放出されない。従来用いられていた石英では、プラズマとの接触により酸素が放出され、この酸素がTi成膜反応系 $TiCl_4 + 2H_2 \rightarrow Ti + 4HCl \uparrow$ におけるH₂を消費する結果、TiCl₄が還元されずに残存する可能性があった。本発明ではこのような現象は生じない。したがって、Ti系材料膜中へのTiCl₄の取り込みを一層効果的に抑制することが可能となり、配線形成の信頼性を一層向上させることができる。

【0023】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0024】実施例1

本実施例は、ヘリコン波プラズマCVD装置のヘリコン波プラズマ生成チャンバであるベルジャを、窒化シリコンを用いて構成した例である。図1に、本CVD装置の概念的な構成を示す。まず、ヘリコン波プラズマ生成部は、内部にヘリコン波プラズマP₁を生成させるための非導電性材料からなるベルジャ1、このベルジャ1を周回する2個のループを有し、RFパワーをプラズマヘカッピングさせるためのループ・アンテナ2、上記チャンバ1を周回するごとく設けられ、該チャンバ1の軸方向に沿った磁界を生成させ、主としてヘリコン波の伝搬に寄与する内周側ソレノイド・コイル3a、および主としてヘリコン波プラズマP₁の輸送に寄与する外周側ソレノイド・コイル3bを主な構成要素とする。

【0025】ここで、上記ベルジャ1の構成材料は窒化シリコンである。かかる構成により、本CVD装置では高密度のヘリコン波プラズマが内部で生成しても、ベルジャ1の器壁から酸素がスパッタ放出されることがない。

【0026】上記ループ・アンテナ2にはプラズマ励起用RF電源12からインピーダンス整合用のマッチング・ネットワーク(M/N)11を通じてRFパワーが印加され、上下2個のループには互いに逆回り方向の電流が流れる。ここでは、上記プラズマ励起用RF電源12の周波数を、13.56MHzとした。なお、両ループ間の距離は、所望のヘリコン波の波数に応じて最適化されている。

【0027】上記ベルジャ1はプロセス・チャンバ7に接続され、上記内周側ソレノイド・コイル3aと外周側ソレノイド・コイル3bが形成する発散磁界に沿って該プロセス・チャンバ7の内部へヘリコン波プラズマP₁を引き出すようになされている。プロセス・チャンバ7の側壁面および底面は、ステンレス鋼等の導電性材料を用いて構成されている。その内部は、図示されない排気システムにより排気孔8を通じて矢印A方向に高真空排気されており、上部の天板6に開口されるガス供給管5より矢印B方向にCVDに必要なガスの供給を受け、さらに

7

その側壁面においてゲート・バルブ13を介し、たとえば図示されないロード・ロック室に接続されている。

【0028】上記プロセス・チャンバ7の内部には、その壁面から電気的に絶縁された導電性の基板ステージ9が収容され、この上に被処理基板としてたとえばウェハWを保持して所定のCVDを行うようになされている。上記基板ステージ9には、プロセス中のウェハWを所望の温度に加熱するためのヒータ10が埋設されている。

【0029】なお、図示されていないが、成膜中に10
1 n s i t uな膜の平坦化を行いたい場合には、必要に応じて上記基板ステージ9の脚部にマッチング・ネットワークを介してバイアス印加用のRF電源を接続しても良い。さらに、上記プロセス・チャンバ7の外壁には、上記基板ステージ9近傍における発散磁界を収束させるために、補助磁界生成手段としてマルチカスプ磁場を生成可能なマグネット4が配設されている。

【0030】実施例2

本実施例では、実施例1で述べたヘリコン波プラズマCVD装置を用い、S i O₂層間絶縁膜に開口された接続孔を被覆するごとくT i / T i N積層膜を成膜し、さらにこの上に上層配線を形成した。このプロセスを、図2
2 0 ないし図4を参照しながら説明する。

【0031】本実施例のCVDサンプルとして用いたウェハの要部断面を、図2に示す。このウェハは、下層配線21上にS i O₂層間絶縁膜22を積層し、該S i O₂層間絶縁膜22に開口径約0.25 μmの接続孔23を開口した段階のものであり、左側の図はウェハの左端近傍を、右側の図はウェハの右端近傍をそれぞれ模式的に表している。

【0032】ここで、上記下層配線21は、たとえばS
3 0 i 基板中に形成された不純物拡散層であっても、あるいはポリシリコン、A l系材料、高融点金属、シリサイド等からなる配線膜であっても良い。

【0033】このウェハを上記のCVD装置にセットし、一例として下記の条件で厚さ約30 nmのT i膜24および厚さ約70 nmのT i N膜25を連続成膜した。

〔T i膜24成膜条件〕

T i C l₄ 流量 20 SCCM
H₂ 流量 40 SCCM
ガス圧 0.05 Pa
ソース・パワー (P₁ 励起) 2.5 kW (13.5
6 MHz)
ステージ温度 420 °C

〔T i N膜25成膜条件〕

T i C l₄ 流量 20 SCCM
H₂ 流量 26 SCCM
N₂ 流量 6 SCCM
A r 流量 75 SCCM
ガス圧 0.1 Pa

8

ソース・パワー (P₁ 励起) 2.5 kW (13.5
6 MHz)

ステージ温度 420 °C

【0034】このCVD装置内では、ウェハWの表面近傍における磁場強度は極めて低いため、図3に示されるようにT i膜24およびT i N膜25はそれぞれ均一な膜厚に形成された。この結果、接続孔23の内壁面は均一な膜厚のT i / T i N積層膜26で被覆された。このとき、ヘリコン波プラズマの高い放電解離効率によりT
1 C l₄の未解離分は僅かであり、またベルジャ1から酸素が放出されないでH₂による還元反応も阻害されることがなかった。

【0035】続いて、図4に示されるように、常法にしたがって成膜されたB l k - W膜および上記T i / T i N積層膜26のエッチバックを行ってWプラグ27を形成し、この上でたとえばA l系配線膜等からなる上層配線28のパターニングを行うことにより、下層配線21とのコンタクトを完成した。このとき、下地のT i / T i N積層膜26のカバレッジが良好であるため、上記W
2 0 プラグ27には、ボイドは生じていない。

【0036】この一連のプロセス中、ウェハWはB l k - W膜の成膜時、A l系配線膜の成膜時、および上層配線28のパターニングを行う際のレジスト膜の露光前ベーキング時や露光後ベーキング時に加熱されるが、前述のようにT i / T i N積層膜26に未反応のT i C l₄がほとんど取り込まれていないため、従来のような配線の腐食は何ら観察されなかった。

【0037】実施例3

本実施例は、誘導結合プラズマ生成用のシリンドラを窒化シリコンにて構成したI C P - CVD装置の例である。図5に、本I C P - CVD装置の概念的な構成を示す。この装置において、プロセス・チャンバ32の側壁面の一部は窒化シリコンからなるシリンドラ33とされており、これ以外の部分、すなわち上蓋31、下部側壁面、底面等はステンレス鋼等の導電性材料より構成される。

【0038】上記シリンドラ33の外周側にはマルチターン・アンテナ37が巻回されている。このマルチターン・アンテナ37には、プラズマ励起用RF電源39からマッチング・ネットワーク (M / N) 38を介して高周波が印加される。ここでは、上記プラズマ励起用RF電源39の周波数を2 MHzとした。

【0039】上記プロセス・チャンバ32の内部は、図示されない排気系統により排気孔34を通じて矢印D方向に高真空排気されており、底面に開口されるガス供給管36より矢印C方向にCVDに必要なガスの供給を受けるようになされている。プロセス・チャンバ32はまた、その壁面から電気的に絶縁された導電性の基板ステージ35を収容しており、この上に被処理基板としてたとえばウェハWを保持し、誘導放電プラズマP₁を生成させて所定のCVDを行うようになされている。

9

【0040】上記基板ステージ35には、プロセス中のウェハWを所望の温度に加熱するためのヒータ40が埋設されている。なお、図示されていないが、成膜中にinsituな膜の平坦化を行いたい場合には、必要に応じて上記基板ステージ35にマッチング・ネットワークを介してバイアス印加用のRF電源を接続しても良い。

【0041】実施例4

本実施例では、実施例3で述べたICP-CVD装置を用い、SiO₂層間絶縁膜に開口された接続孔を被覆するTi/TiN積層膜を成膜した。本実施例のCVDサンプルとして用いたウェハは、実施例2で上述したものと同一である。このウェハを上記のICP-CVD装置にセットし、一例として下記の条件でTi膜24およびTiN膜25を連続成膜した。

【Ti膜24成膜条件】

TiCl₄ 流量 20 SCCM
H₂ 流量 40 SCCM
ガス圧 0.1 Pa
ソース・パワー (P₁ 励起) 3 kW (2 MHz)
ステージ温度 420 °C

【TiN膜25成膜条件】

TiCl₄ 流量 20 SCCM
H₂ 流量 26 SCCM
N₂ 流量 6 SCCM
Ar 流量 75 SCCM
ガス圧 0.2 Pa
ソース・パワー (P₁ 励起) 3 kW (2 MHz)
ステージ温度 420 °C

【0042】ICP-CVD装置内では、ウェハWの表面近傍における磁場強度はほぼゼロであるため、コンフォーマルなTi膜24およびTiN膜25を形成することができた。また、一連の後工程を経てWプラグ27や上層配線28を形成した後にも、配線の腐食は何ら観察されなかった。以上、本発明を4例の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではなく、CVD装置の構成、サンプル・ウェハの構成、CVD条件の細部等は適宜変更可能である。

【0043】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明を適用すれば高密度プラズマを用いたTi系材料膜のCVDを、基板近傍の磁場の不均一性に起因するカバレッジの非対称性、あるいは未反応・未解離のTiCl₄、

10

残分の取り込みによる上層配線や下層配線の腐食を防止しながら行うことができる。これにより、上層配線による接続孔の埋込み特性、バリア性、密着性等の諸特性を改善することができる。

【0044】しかも、本発明において用いられるヘリコン波プラズマ装置や誘導結合プラズマ装置は構成構成がシンプルであり、従来のECRプラズマ装置と比べてマイクロ波源や高価な大型ソレノイド・コイルを要しない分だけ、小型化、低コスト化に有利である。本発明は、微細配線形成の高信頼化を通じて、半導体装置の高集積化、高性能化、高信頼化に大きく貢献するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したヘリコン波プラズマCVD装置の一構成例を示す概略断面図である。

【図2】本発明をTi/TiN積層膜のCVDに適用したプロセスにおいて、サンプル・ウェハの状態を示す模式的断面図である。

【図3】図2の接続孔がTi/TiN積層膜で被覆された状態を示す模式的断面図である。

【図4】図3の接続孔がWプラグで埋め込まれ、さらに上層配線が形成された状態を示す模式的断面図である。

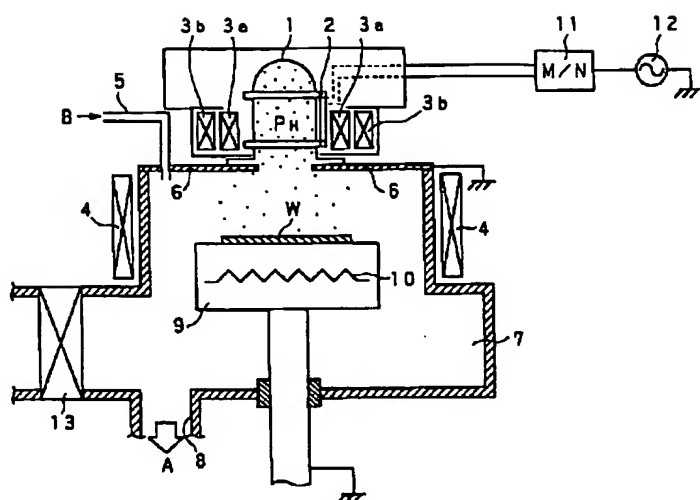
【図5】本発明を適用したICP-CVD装置の一構成例を示す概略断面図である。

【図6】従来のECR-CVDにおいて、Ti/TiN積層膜のカバレッジが接続孔内部で非対称となった状態を示す模式的断面図である。

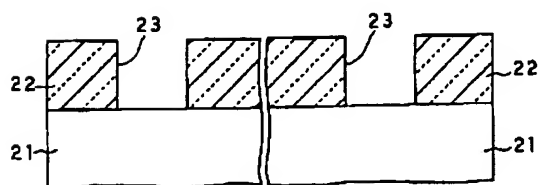
【符号の説明】

1 ベルジャ
2 ループ・アンテナ
3a 内周側ソレノイド・コイル
3b 外周側ソレノイド・コイル
7, 32 プロセス・チャンバ
9, 35 基板ステージ
10, 40 ヒータ
12, 39 プラズマ励起用RF電源
22 SiO₂層間絶縁膜
23 接続孔
24 Ti膜
25 TiN膜
26 Ti/TiN積層膜
33 シリンダ
37 マルチターン・アンテナ
W ウェハ
P₁ ヘリコン波プラズマ
P₂ 誘導結合プラズマ

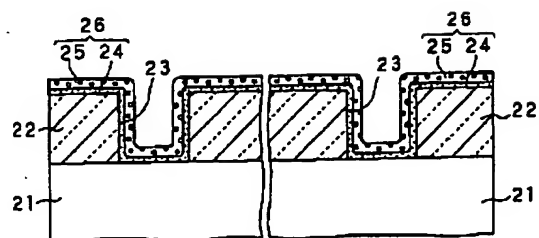
【图 1】



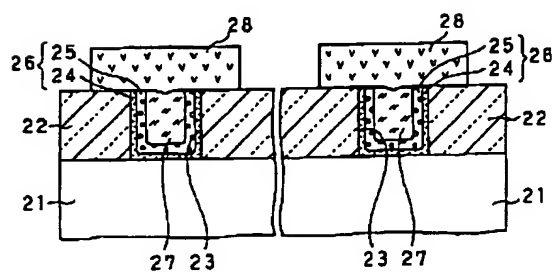
【图2】



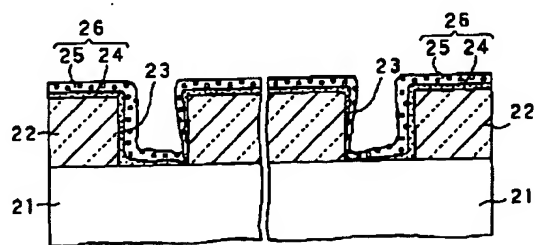
【図 3】



【图4】



【图6】



【図5】

